

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1928

THÈSE

N^o 146

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Michel de ZALEWSKI

Né à Kieff, le 29 avril 1895,

LES

RAYONS INFRA-ROUGES

LEURS PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

LEUR EMPLOI EN THÉRAPEUTIQUE

Président : M. P. CARNOT, professeur.

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUBE & C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

—
1928

FACULTÉ DE MÉDECINE DE PARIS

ANNÉE 1928

THÈSE

N° —

POUR

LE DOCTORAT EN MÉDECINE

(DIPLOME D'ÉTAT)

PAR

Michel de ZALEWSKI

Né à Kieff, le 29 avril 1895.

LES

RAYONS INFRA-ROUGES

LEURS PROPRIÉTÉS PHYSIQUES

LEUR EMPLOI EN THÉRAPEUTIQUE

Président : M. P. CARNOT, professeur.

PARIS

IMPRIMERIE DE LA FACULTÉ DE MÉDECINE

JOUBE & C^{ie}, ÉDITEURS

15, RUE RACINE, 15

—
1928

LE DOYEN . . . M. ROGER

I. — PROFESSEURS

	MM
Anatomie	ROUVIÈRE.
Anatomie médico-chirurgicale.	CUNÉO.
Physiologie	ROGER.
Physique médicale	STROHL
Chimie organique et chimie générale	DESGREZ.
Bactériologie.	LEMIERRE.
Parasitologie et histoire naturelle médicale	BRUMPT.
Pathologie et thérapeutique générales	Marcel LABBÉ.
Pathologie médicale	SICARD.
Pathologie chirurgicale	LECÈNE.
Anatomie pathologique	ROUSSY.
Histologie	CHAMPY.
Pharmacologie et matière médicale	TIFFENEAU.
Thérapeutique	LOEPER.
Hygiène	Léon BERNARD.
Médecine légale	BALTHAZARD.
Histoire de la médecine et de la chirurgie	MÉNÉTRIÉR.
Pathologie expérimentale et comparée	RATHERY.
Clinique médicale	{ CARNOT.
	{ BEZANÇON.
	{ ACHARD.
	{ WIDAL.
Hygiène et clinique de la première enfance	MARFAN.
Clinique des maladies des enfants.	NOBÉCOURT
Clinique des maladies mentales et des maladies de l'encéphale.	H. CLAUDE.
Clinique des maladies cutanées et syphilitiques	JEANSELME.
Clinique des maladies du système nerveux	GUILLAIN.
Clinique des maladies infectieuses	TEISSIER.
Clinique chirurgicale	{ DELBET.
	{ HARTMANN
	{ LEJARS.
	{ GOSSET.
Clinique ophtalmologique	TERRIEN.
Clinique urologique.	LEGUEU.
Clinique d'accouchements	{ COUVELAIRE.
	{ BRINDEAU.
	{ JEANNIN.
Clinique gynécologique	J.-L. FAURE.
Clinique chirurgicale infantile et orthopédie	OMBRÉDANNE.
Clinique thérapeutique médicale	VAQUEZ.
Clinique oto-rhino-laryngologique.	SEBILEAU.
Clinique thérapeutique chirurgicale	DUVAL.
Clinique propédeutique	SERGENT.
Professeur sans chaire.	BRANCA.



II. — AGRÉGÉS EN EXERCICE

MM.

ABRAMI . . . Pathologie médicale.
 ALAJOUANINE. Neurologie et psychiatrie.
 AUBERTIN . . Pathologie médicale.
 BASSET . . . Pathologie chirurgicale.
 BAUDOIN. . . Pathologie médicale
 BINET Physiologie.
 BLANCHETIÈRE Chimie biologique.
 BROCC Pathologie chirurgicale.
 BRULÉ. . . . Pathologie médicale.
 CADENAT . . . Pathologie chirurgicale.
 CHIRAY Pathologie médicale.
 CLERC. Pathologie médicale.
 DEBRÉ Hygiène.
 DUVOIR Médecine légale.
 ÉCALLE Obstétrique.
 FIESSINGER . . Pathologie médicale.
 GARNIER . . . Pathologie expérimentale
 GATELLIER . . Pathologie chirurgicale.
 HARVIER. . . . Pathologie médicale.
 HEITZ-BOYER Urologie.
 HOVELACQUE . Anatomie.
 HUTINEL. . . . Pathologie médicale.

MM.

JOYEUX Parasitologie.
 LABBÉ (Henri) Chimie biologique.
 LARDENNOIS Pathologie chirurgicale
 LEMAITRE. . . Oto-rhino-laryngologie
 LEROUX. . . . Anatomie pathologique.
 LÉVY-SOLAL. Obstétrique.
 LHERMITTE . . Pathologie mentale.
 LIAN. Pathologie médicale.
 MATHIEU. . . . Pathologie chirurgicale
 METZGER . . . Obstétrique.
 MONDOR. . . . Pathologie chirurgicale.
 MOURE. . . . Pathologie chirurgicale.
 MULON. . . . Histologie.
 PHILIBERT. . . Bactériologie.
 QUÉNU. . . . Pathologie chirurgicale
 RICHET Fils. . Physiologie.
 SÉZARY Dermatologie et syphiligraphie.
 VALLERY-RADOT
 (Pasteur) . . . Pathologie médicale.
 VAUDESCAL. Obstétrique
 VEITER. . . . Ophthalmologie
 VERNE. . . . Histologie.

III. — AGRÉGÉS RAPPELÉS A L'EXERCICE

POUR LE SERVICE DES EXAMENS

MM.

GOUGEROT . . Pathologie médicale.
 GUÉNIOT . . . Obstétrique.

MM.

RETTERER. . . Histologie.
 TANON. . . . Pathologie médicale

IV.— AGRÉGÉS CHARGÉS DE COURS DE CLINIQUE

A TITRE PERMANENT

MM.

ALGLAVE . . Clinique chirurgicale.
AUVRAY. . . Clinique chirurgicale.
CHEVASSU. . Clinique chirurgicale.
CAIGNEL-LAVASTINE . Clinique médicale.
LE LORIER. . Clinique obstétricale.
LEREBoullet. Clinique médicale in-
fantile.

MM.

LERI Clinique médicale.
MOCQUOT . . Clinique chirurgicale
PROUST . . . Clinique chirurgicale.
SCHWARTZ . Clinique chirurgicale
VILLARET . . Clinique médicale.

V. — CHARGÉS DE COURS

MM. MAUCLAIRE, agrégé.	{	Chargé du cours de chirurgie orthopédique chez l'adulte pour les accidentés du travail les mutilés de guerre et les infirmes adultes
FREY.		Stomatologie.
CHAILLEY-BERT.		Education physique.
LEDoux-LEBARD		Radiologie clinique.

Par délibération en date du 9 décembre 1798, l'Ecole a arrêté que les opinions, émises dans les dissertations qui lui seront présentées, doivent être considérées comme propres à leurs auteurs et qu'elle n'entend leur donner aucune approbation ni improbation.

A MA SŒUR

PRÉFACE

Douze années se sont écoulées depuis que l'auteur de ces lignes a reçu pour la première fois le diplôme de Médecin, période assez longue pour comprendre et apprécier l'enseignement suivi tout autrement, les méthodes exposées, méditer et se rendre compte des progrès incessants et du développement de la Médecine. Si la tâche a été parfois rude, l'admiration sincère pour l'Ecole Française, la clarté et l'organisation de son enseignement, le sens clinique incomparable de ses maîtres provoquent un sentiment de gratitude et de reconnaissance chez celui qui a eu le privilège de bénéficier de cet enseignement.

Qu'il nous soit permis ici d'exprimer notre reconnaissance sincère à M. le Professeur P. CARNOT, membre de l'Académie de Médecine, pour l'honneur qu'il nous a fait en acceptant la présidence de cette thèse.

Je prie mon maître M. P. NOBÉCOURT, Professeur à la Faculté de Paris, membre de l'Académie de Médecine, d'agréer l'expression de ma vive gratitude pour l'accueil bienveillant que j'ai reçu dans sa clinique, pour ses conseils et pour la joie que j'ai

éprouvé en suivant son enseignement clinique et en travaillant dans son laboratoire.

Au Dr H. DAUSSET, chef du Laboratoire des Agents Physiques à l'Hôtel-Dieu qui nous a suggéré le sujet de cette thèse, qui nous a donné l'hospitalité dans son service, nous tenons à rendre hommage à sa grande expérience en physiothérapie, à la bienveillance avec laquelle il nous a accueilli dans son service et nous le prions ici d'agréer nos remerciements sincères.

Nous remercions M. DOGNON, Professeur agrégé de physique à la Faculté de Paris, pour ses conseils éclairés et l'aide qu'il a bien voulu nous donner dans l'organisation des expériences physiques sur la perméabilité des tissus aux Rayons Infra-Rouges.

Avant d'entrer dans la famille médicale française, nous voudrions témoigner ici notre vive sympathie et notre reconnaissance à nos Maîtres et amis, qui nous ont soutenu maintes fois moralement et qui ont été toujours hospitaliers et bienveillants à notre égard. Nous nous adressons tout particulièrement au Dr H. BUSQUET, professeur agrégé à la Faculté de Paris, au Dr Stephen CHAUVET, au Dr P. MAUCLAIRE, Professeur agrégé, au Dr V. PAUCHET, chirurgien à l'Hôpital Saint-Michel et au Dr H. VIGNES, accoucheur des Hôpitaux, dont l'appui nous a été toujours si précieux.

*
* *

Le présent travail avait été conçu primitivement

bien plus largement, les circonstances nous ont obligé à retarder les expériences et les observations que nous aurions voulu faire. Qu'il nous soit permis d'exprimer notre vif regret et l'espoir que plus tard nous pourrions les mener à bonne fin.

LES RAYONS INFRA-ROUGES

LEURS PROPRIÉTÉS PHYSIQUES
LEUR EMPLOI EN THÉRAPEUTIQUE

INTRODUCTION

L'introduction dans la pratique courante de l'Actinothérapie, thérapeutique par les radiations, constitue un réel progrès dans le domaine de la physiothérapie. L'existence de Sociétés d'Actinologie, de la Presse spéciale et des Traités en toutes langues et dans les différents pays fournit la preuve du grand intérêt, de la part des Médecins, pour la thérapeutique par les radiations. Mais s'il existe une littérature très abondante, en ce qui concerne l'emploi des rayons ultra-violets, toute une branche puissante de la Médecine, la radio et radiumthérapie, les radiations à courte longueur d'onde, si justement réputées, par contre la partie opposée du spectre — les radiations à grande longueur d'onde — les radiations invisibles, calorifiques, infra-rouges sont relativement peu étudiées et leur emploi en thérapeutique, quoique certainement bienfaisant, est moins répandu. L'étude physique de cette partie du spectre est relativement récente et on connaît très peu l'action sur l'organisme des radiations longues.

C'est pour cette raison que nous avons commencé, sur la proposition du Dr H. Dausset, par l'étude des applications des rayons infra-rouges en thérapeutique.

PARTIE PHYSIQUE

Généralités. — La gamme des vibrations de l'éther qui constitue la lumière dans le sens le plus large du terme est, comme on le sait, extrêmement étendue et ses limites sont en quelque sorte subordonnées seulement aux possibilités expérimentales chaque jour accrues.

Ces vibrations sont caractérisées par trois termes :

1^o *Leur vitesse* : V qui est pour toutes la même, très voisine de 300.000 Km/sec ;

2^o *Leur période* : T ou durée d'une vibration complète dont la fréquence est l'inverse ;

3^o *Leur longueur d'onde* : Ces trois grandeurs étant unies par la relation fondamentale.

$$\lambda = V T$$

Ce qui peut être représenté schématiquement d'après A. Forestier de la façon suivante (fig. 1) :

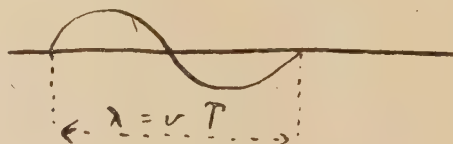


Fig. 1.

C'est par la longueur d'onde qu'on caractérise généralement les diverses espèces de vibrations de l'éther et l'on sait que ces longueurs d'onde, égales à

plusieurs kilomètres pour les ondes électriques, sont pour les rayons γ du radium, de l'ordre du centième d'une unité Angström.

Rappelons que :

$$1 \text{ angström} = 0,1 \mu = 0,0001 \mu = 10^{-8} \text{ cm.}$$

Les longueurs d'onde des radiations que l'on peut comprendre sous le nom de lumière s'échelonnent d'environ 100 angström pour les plus courtes (ultra-violet extrême) jusqu'au voisinage de trente millions d'Angström, soit 0 mm. 3 environ pour les rayons infra-rouges, longueurs les plus grandes que l'expérience ait permis de déceler.

De cette énorme territoire, les radiations visibles n'occupent qu'une infime partie, puisqu'elles s'étendent seulement de 4.000 à 8.000 Angström, mais la visibilité, c'est-à-dire l'action sur notre rétine, n'est qu'une des nombreuses actions dont sont capables les vibrations lumineuses, et peut-être pas la plus importante.

Si les données physiques sur la lumière visible et ultra-violette sont aujourd'hui très nombreuses, il n'en est pas de même pour la partie la moins réfrangible du spectre, comprise entre les plus grandes longueurs d'onde visibles et des ondes électriques (hertziennes) et qui constitue le spectre infra-rouge.

Le tableau suivant permet de se rendre compte de l'étendue et de la position de ce spectre infra-rouge.

Radiations découvertes par	Radiations	Longueur d'ondes	Fréquence par 1 seconde
Newton (1666)	Spectre visible.	400 μ - 800 μ	¹³ 75.10 - ¹² 375.10
Herschel (1700)	Rayons infra-rouges.	800 μ - 1 μ	¹² 375.10 - 300.10
Langley (1886)		1 μ - 10 μ	
Rubens (1896) Nichols	Rayons calorifiques.	10 μ - 61,4 μ	¹² 300.10 - ¹² 3.10
Rubens (1910)		10 μ - 97 μ	
Möbius (1920)		100 μ - 0,1 mm.	
v. Bayer (1912) Rubens		0,1 mm. - 2 mm.	
Lampa (1895)	Ondes électriques les plus courtes.	1 mm. - 4 mm.	
Lebedeff (1895) Righi (1894)		1 mm. - 6 mm. 1 cm. - 10 cm.	¹¹ 3.10 - ⁹ 3.10

(Reproduit en partie d'après Plotnikow)

Les recherches patientes et laborieuses de physiciens, au cours de ces trentes dernières années ont permis de réaliser la jonction et l'identification des ondes électriques ou hertziennes aux infra-rouges, depuis les travaux de Rubens (1893 à 1911) jusqu'à ceux de Nichols et Tear (1923) et ainsi démontré leur parenté.

L'étude physique des rayons infra-rouges est rendue difficile par deux raisons principales : d'abord les matières dont on constitue habituellement les pièces optiques, telles que les verres ou le quartz, ne sont pas transparentes pour ceux-ci (au delà d'une certaine longueur d'onde, comme nous le verrons plus loin), ensuite leur détection est délicate, par suite du petit nombre des effets qui peuvent être utilisés dans ce but.

Voyons d'abord comment les rayons infra-rouges peuvent être mis en évidence ; nous dirons ensuite un mot des sources et des lois qui règlent l'émission, puis des méthodes de mesure.

Effets des rayons infra-rouges.

L'effet le plus important, et celui qui presque exclusivement est utilisé pour les mesures : *c'est l'effet calorifique.*

Tout rayonnement apporte à un corps capable d'absorber de l'énergie, qui apparaît presque toujours uniquement sous forme de chaleur. Tout appareil capable de déceler une variation de température, est aussi capable de mettre en évidence un rayonnement quelqu'il soit et en particulier les rayons infra-rouges, souvent appelés rayons calorifiques, parce que leur principal et presque seul effet est précisément un effet thermique presque toujours très considérable par suite de la grande intensité avec laquelle ils sont en général émis. La détection de cet effet thermique, s'opère d'une façon très sensible par trois dispositifs principaux :

1^o *Le bolomètre* (Langley), lame de métal noirci (généralement platine) que l'on expose aux radiations et dont on mesure la résistance électrique, fonction de la température. Cette méthode est la plus délicate car les variations de résistance que l'on a à mesurer sont excessivement faibles.

2^o *La pile thermo-électrique* qui se compose d'un

certain nombre de couples, ou éléments de deux métaux différents (bismuth, platine fer-constantan, etc...) soudés les uns aux autres ; l'une des séries de soudures est maintenue à température fixe, l'autre est exposée aux radiations. Une différence de température entre les soudures crée aux poles de la pile une différence de potentiel. Avec un galvanomètre sensible, on peut ainsi mettre en évidence des variations de température de l'ordre du millionième de degré, et déceler des radiations de très faible intensité, surtout si la pile est placée dans le vide. Cette méthode, relativement aisée à mettre en œuvre, est la plus employée.

3° *Le radiomicromètre* (Boys) est une modification très sensible et très commode de la méthode précédente, réunissant dans un même appareil la pile thermo-électrique et le galvanomètre. Il se compose d'un cadre métallique dont chaque moitié est constituée par un métal différent, suspendu par un fil fin entre les deux pôles d'un aimant (fig. 2).

Si une radiation tombe sur une des soudures, elle s'échauffe, un courant passe dans le cadre, qui dévie dans le champ magnétique comme un cadre de galvanomètre. Cet appareil permet de déceler le rayonnement d'une bougie placée à 100 m., elle est au foyer d'un miroir concave. La cent cinquante millièmiè partie du rayonnement de la lune suffit à faire dévier le cadre.

Citons encore le radiomètre, qui se compose d'une sorte de moulinet à deux palettes suspendu par un

fil fin et placé dans un vide de 0 mm. 05 de mercure environ. L'une des palettes est noircie, l'autre est brillante. Une radiation tombant sur la plaque noircie provoque par effet thermique, une déviation mesurable du système.

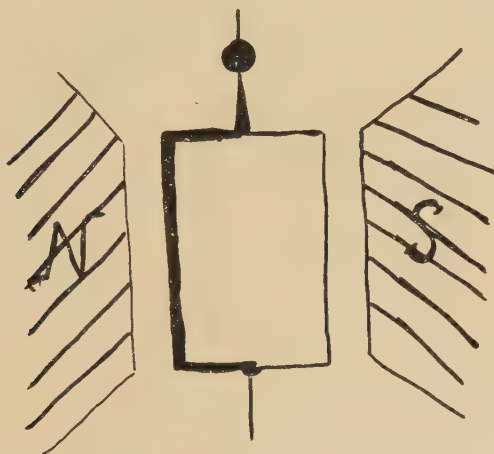


Fig. 2.

Radiomicromètre de Boys.

Il existe encore d'autres procédés (qui cette fois ne sont plus sous la dépendance d'un effet calorifique) permettant de mettre en évidence les rayons infra-rouges, tout au moins lorsque leur longueur d'onde ne sont pas trop grandes (supérieures d'une façon générale à 10.000 ou 12.000 Angströms). Ils possèdent en effet (jusqu'à 20.000 angströms environ) la propriété d'éteindre la *phosphorescence* de certains corps, comme le sulfure de zinc, phosphorescence qui est au contraire excitée par les rayons visibles (au delà du rouge) et ultra-violet.

Leur action sur la plaque photographique est aussi

intéressante à plus d'un point de vue; on sait qu'une plaque photographique ordinaire n'est pas impressionnée par les rayons de grande longueur d'onde, à partir du vert. En imprégnant la couche sensible de certaines matières colorantes dites sensibilisatrices, on peut créer des zones de sensibilité dans des territoires spectraux auparavant tout à fait inactifs, en particulier dans l'infra-rouge. Certaines cyanines (dicyanine, cryptocyanine, surtout néocyanine) permettent d'obtenir des plaques encore impressionnées par des rayons d'une longueur d'onde aussi grande que 11 au 12.000 angströms.

La sensibilisation avec le Néocyanine s'obtient par le procédé suivant :

On prend 20 cm³ de la solution à 1 p. 5000 de Néocyanine dans l'alcool méthylique.

4 cm³ d'ammoniaque concentrée.

20 cm³ d'alcool méthylique.

60 cm³ d'eau.

Et on plonge pendant 4 minutes la plaque dans cette solution. Ensuite on lave 30 secondes dans l'alcool méthylique et on la sèche rapidement. Le tout bien tenu dans l'obscurité complète. Pour obtenir une image jusqu'à 800 μ l'exposition doit être courte, jusqu'à 1.000 μ elle doit être bien plus longue, et pour 1.129 μ , il faut jusqu'à 10 heures d'exposition.

L'application des infra-rouges en micro-photo-graphique permet à Calzavara et J. Bertrand de faire des études en cytologie du plus haut intérêt. Ils ont pu voir des détails dans la structure des noyaux, de

la substance chromathine, etc... qui ne sont guère visibles avec les procédés habituels. Le perfectionnement de cette méthode pourrait peut-être amener aux découvertes de certains virus invisibles, et réaliser un réel progrès dans toutes les études microscopiques.

Plotnikow suppose que peut être la possibilité de fixer les infra-rouges sur les plaques photographiques pourrait être utilisée en diagnostic comme complément à la radiographie.

Il existe un autre procédé très intéressant pour obtenir des plaques sensibles aux rayons infra-rouges qui consiste à utiliser l'antagonisme des radiations vis-à-vis de l'action photographique.

Si une plaque est soumise à un faible éclaircissement lumineux ; puis exposée aux infra-rouges, ces derniers détruisent l'impression due à la lumière, et donnent par conséquent une image positive (Térépine). Le procédé est applicable jusqu'à 11.300 Angströms. D'une façon analogue, Villard a montré récemment que l'impression photographique due aux rayons X pouvait être détruite par les rayons infra-rouges, qui peuvent être ainsi mis en évidence.

En dehors de ces actions, les rayons infra-rouges sont sans effet chimique. Ceux-ci n'apparaissent que pour les rayons visibles, au delà du rouge et deviennent de plus en plus intenses quand la longueur d'onde diminue. Ils sont liés en effet aux quanta $h\nu$ absorbés, et la plupart des réactions photo chimi-

ques ne peuvent avoir lieu que pour des fréquences γ déjà grandes.

Sources de rayons infra-rouges, rayonnement.

D'une façon générale, il existe deux modes d'émission du rayonnement. Dans l'un, le corps rayonnant émet un spectre *continu* formé de toutes les longueurs d'onde. C'est le cas des solides chauffés. Dans l'autre (gaz chauffés ou excités électriquement), l'émission est *discontinue*, limitée à d'étroites bandes de rayonnement. Le deuxième mode d'émission est utilisé presque exclusivement pour les rayons ultra-violets, le premier pour les infra-rouges.

En effet, tout corps dont la température diffère du 0 absolu émet des radiations dont la longueur d'onde est d'autant plus courte que la température est plus élevée.

Le rayonnement total du corps noir, c'est-à-dire parfaitement absorbant, est proportionnel à la quatrième puissance de la température absolue (*Loi de Stephan*). Il croît donc très rapidement.

Dans le spectre ainsi émis, la radiation qui possède l'intensité maxima a une longueur d'onde inversement proportionnelle à la température absolue (*Loi de Wien*). Ainsi, quand la température augmente, l'émission maxima se déplace vers les courtes longueurs d'ondes, comme le montrent les courbes de la figure 3. On voit qu'à 1.700 degrés absolus soit

1427 degrés centigrades, le maximum d'émission pour $\lambda = 5.869 \text{ A.}$ environ, pour le soleil il serait vers 5.550 A.

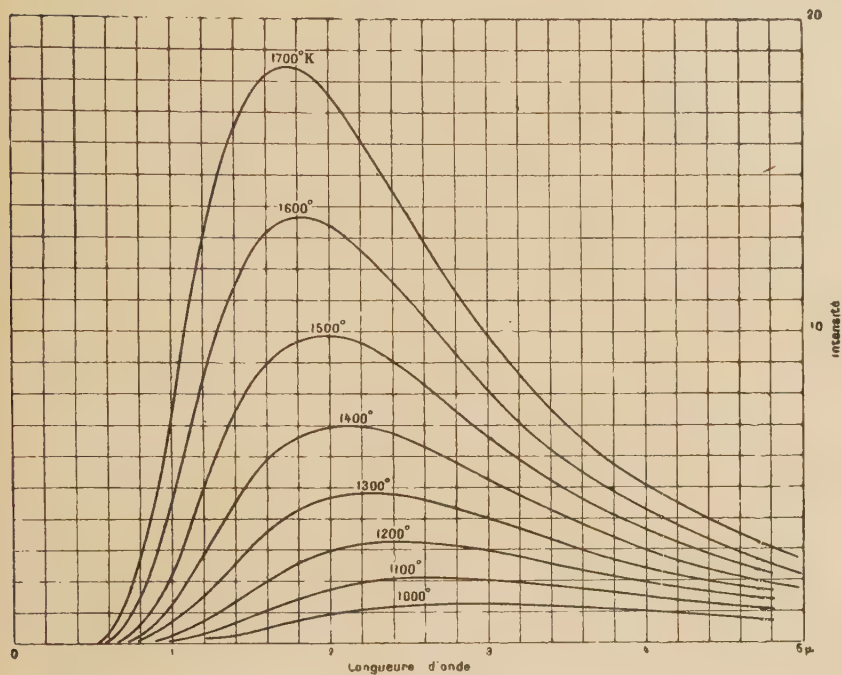


Fig. 3.

D'après Charles Fabry.

Il ne faut pas oublier que le pouvoir émissif total des corps chauffés, des métaux par exemple est toujours très inférieur à celui du corps noir (de $1/4$ à $1/10$ pour le tungstène).

Tout corps chaud se comporte donc comme source d'infra-rouge de longueur d'onde d'autant plus courte en moyenne que le corps est plus chaud.

Le soleil est la source la plus importante des rayons infra-rouges puisque c'est pour la plus

grande partie par leur intermédiaire qu'il nous transmet son énergie. Il émet environ 40 % d'infra-rouge, 52 % de visible et 8 % d'ultra violet. Mais après avoir traversé l'atmosphère, il ne reste plus que la moitié de l'énergie initiale, qui comprend environ 60 % d'infra-rouge, 40 % de visible et seulement 1 % d'ultra-violet.

Les filaments métalliques chauffés émettent des rayons infra-rouges dont la longueur d'onde moyenne dépend de leur température. Si la température est peu élevée aucune radiation visible n'est émise, le rayonnement est entièrement infra-rouge. A partir de 525°C, quand le corps chauffé commence à devenir rouge il émet des radiations visibles, perçues par la rétine, ce corps devient lumineux. A mesure que la température s'élève, toutes les radiations visibles augmentent d'intensité avec une grande rapidité en même temps que la composition du rayonnement se modifie, les courtes longueurs d'ondes prennent de plus en plus d'importance dans l'ensemble. La couleur de la lumière se modifie. Plus la température monte, plus il y a de rayons ultra-violets. La quantité des infra-rouges augmente aussi avec l'élévation de la température.

Au rouge sombre, l'intensité maxima se trouve aux environs de 3μ , mais elle est relativement faible par suite de la basse température. Employée sous forme de lampe électrique à filament de Tungstène de grande puissance ou de radiateur électrique dans l'air libre, cette source est la plus employée.

L'arc au charbon peut aussi constituer une source intense d'infra-rouge. Quant à la lampe à arc de mercure dans le quartz, elle constitue, comme l'a montré *Rubens*, une source étendue et intense de rayons de très grandes longueurs d'onde, comprises entre 100 et 400 μ .

Voici d'après *A. Walter* la proportion relative des rayons courts (inférieurs à 1 μ 5), moyens (de 1 μ 5 à 4 μ 5) et longs (au delà de 4 μ 5) émise par diverses sources.

Nature de la source	Rayons courts	Rayons moyens	Rayons longs
Arc flamme.....	10	39	1
Lampe 1/2 watt.....	20,5	26	3,5
Lampe charbon.....	12	33	5
Radiateur électrique poussé.....	6	22	22
Radiateur électrique ordinaire....	2	16	32
Emetteur Walter { régl. maximum.	0	16	34
n° 1 avec réflec- { régl. moyen....	0	9	41
teur { régl. minimum.	0	6	44
Emetteur Walter { régl. maximum.	0	5	45
n° 2 avec réflec- { régl. moyen....	0	2	48
teur { régl. minimum.	0	1	46

Si l'on veut obtenir des rayonnements homogènes on peut employer des filtres, composés de corps laissant sélectivement passer certains groupes de radiations, ou, comme *Rubens*, faire subir au faisceau de rayons un grand nombre de réflexions successives à la surface d'un métal donné, capable de réfléchir principalement une des radiations, qui finalement, se trouve ainsi isolée.

Mesures. — On peut faire la mesure qualitative

des rayons infra-rouges au moyen du spectromètre, en dispersant le faisceau par un prisme et en étudiant avec une pile thermo électrique le rayonnement réfracté. Mais le principal obstacle est le manque de transparence de la plupart des corps. Le verre devient opaque aux infra-rouges vers 3μ . L'eau sous 2 à 3 mm. ne laisse rien passer au delà de 1μ 5. Le quartz est transparent jusqu'à 4μ environ et le redevient pour les très grandes longueurs d'onde.

On peut employer des systèmes optiques en fluorine jusqu'à 7 ou 8μ au delà il faut employer le sel gemme ou la sylvine, qui, eux-mêmes, ne permettent pas de dépasser 15 à 20 μ .

Les spectromètres usuels comportent généralement une optique de sel gemme (appareil de *Jobin*). Le modèle de *Hilger* emploie comme système dispersif un réseau métallique par réflexion. On obtient un spectre obscur dans lequel on déplace une pile thermo-électrique, reliée à un galvanomètre de haute sensibilité. Les mesures sont très délicates.

Il existe un appareil (inframètre de *Walter*) permettant de réaliser d'une façon assez grossière, mais très simple et très suffisante pour la pratique médicale, à la fois la mesure quantitative et qualitative des rayonnements intenses. L'appareil sensible est une pile thermo-électrique robuste reliée à un galvanomètre. Le thermo-élément étant placé sur la peau et recevant le rayonnement total, le galvanomètre donne une certaine déviation, par

exemple 28 divisions. Interposons maintenant un écran de quartz, qui élimine tous les rayons de longueur d'onde supérieure à $4\mu 5$. La nouvelle lecture étant 27, nous dirons que l'intensité des rayons longs est de $28-27 = 1$. Une troisième mesure, cette fois avec un écran d'eau qui n'est transparente que jusqu'à $1\mu 5$, donne 11,5 ; l'intensité des rayons courts est 11,5 et celle des rayons moyens est égale à la différence des chiffres lus avec l'écran de quartz et l'écran d'eau soit 15,5. Ce procédé commode permet de se faire une idée approximative utile de la répartition de l'énergie dans le spectre des sources employées en thérapeutique.

Les brèves notions physiques que nous venons d'exposer nous permettent maintenant d'entrer en connaissance de cause dans l'étude des actions biologique et thérapeutique des rayons infra-rouges. Précisons au préalable les quelques idées qui sont connues actuellement sur le mode d'action possible de ces rayons.

Sur le mode d'action des rayonnements sur la matière qui les absorbe.

Un rayonnement quelle que soit sa nature, n'a d'action que dans la mesure où il est absorbé par le corps irradié.

Des corps parfaitement transparents à certaines radiations ne sauront recevoir d'elles aucun effet. D'autre part une absorption trop rapidement inté-

grale localise l'action sur les couches les plus superficielles de l'agent absorbant. Ceci sera souvent une circonstance désavantageuse, quoique le rayonnement ultra-violet nous ait fourni un exemple d'effets puissants sous une absorption très superficielle.

Il y aurait donc lieu, à l'égard de chaque radiation, de fixer d'une façon précise son taux de transmission à travers les différents milieux de l'organisme, les taux moyens devant être probablement les plus intéressants. Le taux de transmission, autrement dit le coefficient d'absorption, n'est pas le seul facteur physique qui puisse nous renseigner sur les effets d'une radiation. Ce chiffre précise seulement quelle énergie a gagné l'organisme par le fait de l'irradiation ; il ne nous révèle pas sous quelle forme cette énergie a été utilisée par les tissus irradiés. Pour les rayonnements de courte longueur d'onde, nous savons que l'énergie absorbée a servi en majeure partie à extraire les électrons des atomes intéressés : c'est l'effet photo-électrique. Une faible partie est réémise sous forme de rayonnement. Les photo-électrons déplacées sont à l'origine de réactions chimiques et aussi à l'origine d'une agitation thermique faible.

En ce qui concerne les rayonnements infra-rouges on ne saurait songer encore à envisager les effets chimiques dont ils peuvent être capables. Le quantum de ces radiations est très faible et peut-être n'arrive-t-il, lorsqu'il est absorbé, qu'à déplacer les

électrons les plus périphériques des molécules les plus instables. L'étude aujourd'hui assez poussée des potentiels d'ionisation et de résonance des gaz et des vapeurs montre que ces potentiels sont très supérieurs à ceux que les l'infra-rouges transportent.

Le mode d'absorption le plus probable des radiations infra-rouges consiste en une mise en *branle* des molécules ou des atômes dans une enceinte close (corps noir) à basse température, il existe des radiations émises par les molécules vibrantes de la paroi, radiations *réabsorbées* par d'autres portions de la paroi en sorte qu'un équilibre s'établit entre le rayonnement intérieur et l'agitation moléculaire.

La *composition* de ce rayonnement est, comme nous l'avons dit, *uniquement* fonction de la température absolue.

L'émission du noir de fumée se *rapproche* d'un tel rayonnement, dit rayonnement du corps noir.

Nous avons vu que l'énergie émise est proportionnelle à la quatrième puissance de la température absolue de ce corps.

A température relativement basse, l'absorption doit se faire *suivant* un processus analogue à l'émission : la majeure partie de l'énergie absorbée doit se retrouver sous forme d'agitation moléculaire, sans autre intermédiaire physique. S'il en était ainsi intégralement, l'utilité de l'infra-rouge serait discutable ; car on peut par la diathermie provoquer dans l'organisme une agitation moléculaire thermique

autrement intense que celle due au rayonnement.

Il y aurait cependant des différences de localisation et de densité dans l'un et l'autre cas.

Les effets biologiques de l'infra-rouge ou plus généralement des radiations longues *pourront mettre* sur la voie d'un mode d'action autre que l'effet thermique.

Il serait possible, selon nous, de séparer ces effets, en élevant la température des préparations ou des animaux témoins par un procédé autre que l'irradiation.

Il serait également logique de refroidir les préparations irradiées pour noter des différences possibles dans les résultats obtenus.

Passons en revue les effets biologiques actuellement notés par les expérimentateurs qui ont abordé l'étude des infra-rouges.

Action biologique des rayons infra-rouges.

Action sur la peau. — Lorsqu'on fait une irradiation de la peau d'un malade par les rayons infra-rouges, on observe l'apparition d'un érythème qui se forme quelques minutes après le début de l'irradiation et qui persiste quelques heures après une irradiation intensive et prolongée. Cet érythème est fugace et disparaît d'habitude sans laisser de traces ni provoquer la pigmentation ou la desquamation alors que c'est l'inverse pour l'érythème produit par les rayons ultra-violets.

Cette différence a été décrite pour la première fois déjà par Charcot en 1858 qui a observé chez deux chimistes l'érythème produit par les rayons chimiques, qu'il a bien différencié de l'érythème due à la chaleur.

L'érythème produit par les rayons infra-rouges s'accompagne d'habitude d'un léger gonflement de la peau qui devient turgescence. La disparition de l'érythème de même que son apparition se produit par plaques et est suivie souvent d'une marmoroscence de la peau, qui peut persister jusqu'au lendemain après des séances longues et répétées et surtout chez les personnes blondes à peau faiblement pigmentée.

A. G. Guillaume a étudié les réactions de la peau après l'irradiation par les Infra-rouges en lumière monochromatique et au moyen de la capillaroscopie (microangioscopie). Il a constaté l'existence de modifications circulatoires dans les vaisseaux du plexus sous-papillaires et dans les capillaires alors que macroscopiquement on ne décèle pas encore ou plus (après l'irradiation) de modifications, et ceci tant pour l'érythème des infra-rouges que pour l'érythème des Ultra-violets.

Les rayons Infra-rouges provoquent, d'après le même auteur, les altérations microscopiques suivantes :

- 1^o Une vaso-dilatation active des artérioles du derme et distension des capillaires ;
- 2^o Œdème papillaire péricapillaire important ;

- 3° Léger œdème de l'épiderme muqueux ;
- 4° Intégrité complète du reste des tissus ;
- 5° On note, en outre, une infiltration leucocytaire périvasculaire.

Nous avons étudié en clinique cet état de l'œdème de la peau au moyen du *test cutané d'hydropylie* (test d'Aldrich et M. Clure).

La technique de cette réaction est bien simple. On injecte dans l'épaisseur du derme (et non sous la peau) deux dixièmes de centimètre cube d'une solution de chlorure de sodium à 8 p. 1000. Il se produit alors (si l'injection est faite correctement, c'est-à-dire dans le derme lui-même et non dans le tissu sous-cutané) une petite élevation circonscrite, d'un blanc de neige, et sur laquelle apparaissent nettement les pores de la peau. Cette élevation circonscrite disparaît chez un adulte sain dans un temps qui varie entre cinquante minutes et 1 heure trente. Les tissus des sujets atteints d'affection hydropique présentent une avidité pour l'eau nettement augmentée. Le temps de résorption est plus court dans tout état, s'accompagnant d'œdème.

C'est ainsi que E. Azerad a trouvé la résorption rapide dans les œdèmes chez les cirrotiques, dans la néphrite chronique, etc...

Le même auteur a trouvé que l'exposition préalable d'une plaque cutanée aux rayons ultra-violetts fait diminuer le temps de résorption, ce qu'il explique par les modifications dans l'état physico-chimique des cellules superficielles, modifications

qui entraînent des troubles de l'équilibre histhy-drique.

D'autres auteurs ont trouvé le temps de résorption plus court, indiquant la rétention de l'eau dans l'organisme dans les affections fébriles, dans le choléra infantile (et non pas dans l'athrepsie), chez les femmes enceintes, etc...

La disparition de la bulle, provoquée par l'injection d'une solution de chlorure de sodium suivant la technique indiquée, ne se produit pas avec la même rapidité suivant les régions ; elle est plus rapide au lieu de l'œdème en cas d'œdème localisé, que dans une région indemne comme le montre l'observation suivante, que nous avons prise dans le service du Dr Dausset :

OBSERVATION. — Mme S..., œdème chronique de la jambe gauche après un érysipèle à répétition. La jambe droite est également un peu gonflée (varices). Test hydrophile : jambe gauche, disparition en 3-5 minutes (2 bulles) ; jambe droite, 15 minutes ; avant-bras droit, 45 minutes.

Nous avons voulu appliquer cette réaction à l'étude de l'état de la peau sous l'influence des rayons infra-rouges.

Dans une série d'expériences, nous avons déterminé au préalable le test d'hydrophilie chez nos malades avant toute application des Infra-rouges et ceci après une séance de 45 m.-1 heure. Dans les autres expériences nous avons fait simultanément sur les deux côtés symétriques (à la face antéro-interne de l'avant-bras) le test d'hydrophilie, exposant l'avant-bras d'un côté aux Infra-rouges et en protégeant

le côté opposé par un écran. Dans une troisième catégorie nous avons examiné le test d'hydrophilie sur des malades qui ont reçu au préalable l'irradiation par les Infra-rouges ; ensuite nous avons pratiqué l'injection dans la région qui a été exposée aux rayons infra-rouges et qui a présenté un érythème intense.

Ces résultats sont exposés dans le tableau suivant :

Test cutané d'hydrophilie.

Noms des malades	Test d'hydrophilie avant l'irradiation par Infra-Rouge	Test d'hydrophilie pendant l'irradiation	Test d'hydrophilie fait après l'irradiation
M...	1 h. 35	35 minutes	1 h. 10
J...	65 minutes	40 minutes	55 minutes
N...	80 minutes	25 minutes	1 h. 10
A...	60 minutes	45 minutes	1 h. 10
M.-N...	90 minutes	1 h.	1 h. 20
W...	45 minutes	20 minutes	35 minutes
Z...	1 h. 40	1 h.	1 h. 40 *

* Deux heures après l'injection dans l'endroit irradié on voit sur le fond rouge d'un érythème des taches blanches, plates, qui persistent.

Dans ce tableau nous avons placé les sujets qui ont été examinés dans des conditions toujours identiques.

Comme on le voit le test d'hydrophilie est influencé par les rayons infra-rouges dans ce sens que la bulle disparaît plus rapidement sous l'influence de ces rayons. Cette disparition semble être plus rapide, lorsqu'on irradie l'endroit de l'injection, que si l'on injecte dans un endroit irradié.

On pourrait expliquer ces faits que l'irradiation

par les infra-rouges provoque l'apparition d'un œdème cutané localisé à l'endroit irradié, que cet état d'œdème de la peau est fugace disparaissant: relativement vite après l'irradiation.

La perméabilité des tissus aux rayons infra-rouges.

Le fait que les radiations lumineuses peuvent pénétrer à travers les tissus est connu déjà depuis les travaux de Finsen qui a montré qu'un puissant rayon lumineux projeté sur le lobule de l'oreille peut encore à sa sortie de ce lobule être décomposé par le spectroscope en ses parties fondamentales, montrant ainsi que toutes les radiations du spectre visible peuvent traverser quelques millimètres de tissu.

Il est facile de se rendre compte qu'une partie au moins des radiations lumineuses peut traverser les tissus : la main fermée sur une petite lampe électrique est traversée par la lumière et les doigts s'illuminent en rouge, l'endoscopie (examen des sinus par exemple) prouve la même chose.

La transparence de la peau humaine à la lumière a été récemment étudiée avec précision par Nogier, qui a examiné au spectomètre et au spectographe en quartz divers échantillons de peau humaine fraîche sous des épaisseurs variables. Il a trouvé que la peau d'une épaisseur de $0 \frac{m}{m} 6$ est transparente à tout le spectre visible de 6907 Å (rouge) à 4046 Å (violet) et à l'ultra-violet invisible de 3906 Å, à 3125 Å. Sous une épaisseur de $1 \frac{m}{m}$ à $1 \frac{m}{m} 3$,

la peau coupe le spectre U. V. à 3160 Å. Sous $2 \frac{m}{m} 5$ d'épaisseur les radiations transmises s'arrêtent au bleu indigo 4358 Å.

Un lobule d'oreille laisse passer la lumière du rouge au vert-bleu (4700 Å).

La pulpe de l'auriculaire ne se laisse traverser que par le rouge (6920 Å), l'orangé et le jaune orangé (5800 Å). La partie moyenne de la main ne transmet que le rouge.

On voit par ses expériences, comme par celles des autres auteurs, que la perméabilité des tissus est plus grande pour les radiations de plus grande longueur d'onde ; plus le tissu examiné a été épais, et d'autant plus la longueur d'onde des radiations qui l'ont traversé a été plus grande.

On peut démontrer la pénétration des rayons lumineux à travers les tissus par d'autres procédés encore. Ainsi G. Busk a montré que le faisceau lumineux concentré, émis par un arc de 70 ampères et 50 volts, impressionne une plaque isochromatique en une seconde à travers une main épaisse de 3 cm. et en 4 minutes à travers l'articulation du poignet épaisse de 4 cm. ; on a même pu impressionner des plaques isochromatiques à travers l'avant-bras et même le thorax.

A. Guillaume suppose que ce sont vraisemblablement les radiations infra-rouges situées à la limite du spectre visible qui impressionnent les plaques photographiques sensibilisées.

Il nous semble que pour les infra-rouges les recherches ultérieures avec des plaques sensibilisées par de nouveaux procédés perfectionnés comme ceux que nous avons indiqués dans la partie physique de notre thèse sont désirables ; avec les techniques modernes on pourrait obtenir des résultats plus nets et précis, surtout si on sélectionne les radiations et si on emploie des infra-rouges purs de différente longueur d'onde.

En ce qui concerne la pénétration des rayons infra rouges à travers les tissus, enregistrée par les procédés thermiques, les opinions des auteurs ne sont pas concordantes.

Ainsi C. Sonne qui a étudié la pénétration des rayons visibles et infra-rouges arrive d'après ses expériences et calculs à la conclusion suivante : « les rayons infra-rouges de grande longueur d'onde (outer infra red rays) ont un pouvoir de pénétration extrêmement faible, de sorte que nous pouvons supposer qu'ils sont tous absorbés dans la couche la plus superficielle de la peau et que le réchauffement des couches situées plus profondément doit se produire exclusivement par voie de conduction à partir de la surface. Ceci indique que la température va en décroissant progressivement de la surface jusqu'à un certain point, situé à un certain niveau, où la température reste stable (37°) (1). La chute de la température peut être représentée donc pour les

1. Environ à 1 cm. de la surface.

infra-rouges de grande longueur d'onde par une ligne droite, tandis que les rayons visibles d'après cet auteur, passeraient presque sans obstacle à travers les couches superficielles, n'étant absorbés que par les couches sanguifères, où l'absorption atteint son maximum pour les rayons visibles. Pour Sonne la température maxima dans les couches sous-cutanées sanguifères pour les infra-rouges d'une grande longueur d'onde est de 41°7, tandis qu'elle est de 5°8 plus élevée, ce qui fait 47°5 pendant l'irradiation avec les rayons visibles.

Cet auteur a fait ses recherches au moyen d'une aiguille thermo-électrique, qui a été reliée à un galvanomètre. La valeur des déviations du galvanomètre permettait d'exprimer la température en plaçant l'aiguille dans l'huile chauffée à une température connue. En étudiant la quantité de chaleur qui peut être supportée par la peau humaine et l'absorption de la chaleur Sonne a obtenu les résultats suivants pour les différentes radiations :

	La peau peut supporter par cm ² et par minute	La peau peut absorber par cm ² et par minute
Les rayons visibles.....	3,11 calories	2,02 calories
Infra-rouges de petite longueur d'onde.....	1,79 calories	1,16 calories
Infra-rouges de grande longueur d'onde.....	1,33 calories	1,33 calories

La température de la peau monte à 43°8 si on ap-

plique la plus forte dose encore supportable des rayons visibles et à 45° avec les infra-rouges. Mais d'après le même auteur, si la température de la peau s'élève davantage pendant l'irradiation par les infra-rouges, elle retombe plus vite ensuite, ce qui s'explique par le fait que les tissus sous-cutanés profonds reçoivent une température plus haute sous l'influence des rayons visibles chauds qu'avec les infra-rouges.

A. Guillaume a exploré les modifications de température de la peau (soumise à l'action des infra-rouges) au moyen d'un galvanomètre, qui a enregistré les variations d'une soudure thermo-électrique. Par ce procédé il a étudié la température de la peau pendant l'irradiation et a constaté l'augmentation de la température locale de 1 à 2° et plus dans la région irradiée, tandis que dans les régions voisines, non soumises à l'action des rayons, la température locale ne se modifiait pas d'un façon très sensible. Après suppression de l'irradiation, il notait que la température locale, qui avait atteint un maximum dans la région irradiée, restait à ce maximum pendant encore quelques minutes puis décroissait très lentement, pour revenir, après 30 minutes à une heure, à une température voisine de celle des régions non irradiées.

Dans une autre série d'expériences, il a noté la température de la peau du côté opposé à celui de l'irradiation, par exemple, en dirigeant les faisceaux lumineux calorifiques sur le dos, il mesurait la température des téguments de la poitrine. Il a noté

alors qu'après une certaine période de latence la température des téguments de la poitrine (compris dans le prolongement du faisceau lumineux qui était dirigé sur le dos) s'élevait, tandis que la température des téguments situés en dehors de cette zone de projection, ne se modifiait pas sensiblement. Toutes ces constatations l'ont fait penser que les rayons infra-rouges traversent de très notables épaisseurs de tissus composant le corps humain.

Ces résultats semblent peu conciliables avec les expériences personnelles, que je rapporterai dans la suite et dans lesquelles la transmission d'une épaisseur de quelques mm. de tissu n'est guère supérieure à 1 %, ce qui correspond pour les éclairéments très intenses employés à la limite de sensibilité de l'excellente pile thermo-électrique employée, avec galvanomètre à cadre mobile de résistance appropriée.

EXPÉRIENCES PERSONNELLES SUR LA PÉNÉ- TRATION DES RAYONS INFRA-ROUGES A TRA- VERS LES TISSUS

Nous avons voulu étudier l'action thermique et la pénétration des rayons infra-rouges à travers les tissus humains. Au point de vue de l'augmentation de la température le procédé thermométrique, quoique peu précis et peu sensible, renseigne malgré toutes les objections qu'on peut faire à son sujet sur la température des tissus dans certaines conditions, d'une manière suffisante. Nous avons examiné chez les 3 sujets sains la température dans la bouche (le thermomètre étant placé entre la joue et l'arcade dentaire du côté irradié) avant toute irradiation, pendant une irradiation d'une 1/2 heure et après l'irradiation.

Comme source, dans ces expériences, nous avons employé une lampe 1/2 watt de 2.000 bougies, réflecteur et concentrateur type de Sollux, filtre en marmorite, distance supportable 30-40 cm. La tête et le cou ont été protégés avec des étoffes assez épaisses. L'irradiation de la joue a donné les résultats suivants :

	<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
Température avant l'irradiation.....	36,8	37,0	37,1
15 minutes après le début de l'irradiation.	37,0	37,2	37,4
30 minutes après l'irradiation.....	37,3	37,2	37
30 minutes après la fin de l'expérience..	37	37	37,2

Comme on le voit, même avec des applications assez fortes difficilement supportables, la température ne monte que de quelques dixièmes de degré. Si on prend la température intra-vaginale chez une femme maigre, à paroi abdominales peu épaisses, la température, même après une irradiation forte pendant une heure à une heure et demie (comme on le fait par exemple dans le traitement des salpingites) la température souvent, au lieu de monter, tombe de quelque dixièmes de degré. Et cela ne présente rien d'étonnant, vu la grande efficacité de la thermorégulation et sa complexité chez l'homme si bien étudiée déjà depuis la thèse classique de Ch. Richet sur la chaleur animale.

Il serait intéressant plutôt d'étudier les échanges respiratoires, la quantité d'urée éliminée, etc...

Grâce à M. Dognon, professeur agrégé de physique qui nous a donné ses conseils éclairés, pour lesquels nous le prions d'agréer notre vive gratitude, nous avons pu faire quelques expériences sur la pénétration des rayons infra rouges à travers quelques tissus humains.

Comme source d'énergie nous avons employé dans ces expériences une ampoule de projection 1/2 watt à filaments de tungstène de 2.000 bougies ; cette ampoule a été placée dans une lanterne de projection afin d'éviter l'émission en tous sens des radiations diffuses. L'orifice de la lanterne à projection a été masqué par un écran, percé d'une fente verticale de 2 cm. $\times$ 1 dont une lentille convexe convenable-

ment placée forme l'image sur une pile thermo électrique linéaire (Kepp et Zonen) reliée à un galvanomètre à cadre mobile Despretz-d'Arsonval. Un filtre en verre iodé (marmorite) placé devant la pile élimine les radiations visibles. L'objet dont on examine

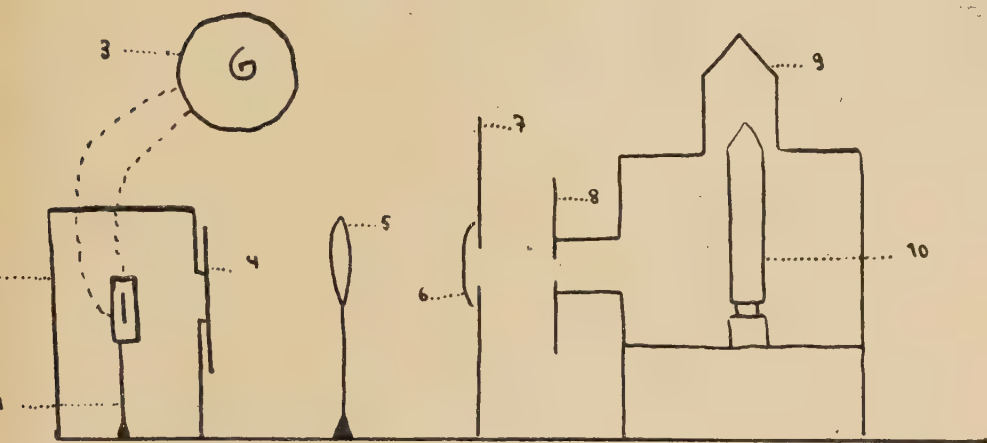


Fig. 4.

1. Pile thermo-électrique.
2. Boîte de protection pour la pile.
3. Galvanomètre.
4. Filtre en marmorite.
5. Lentille condensatrice.

6. Objet à examiner.
7. Écran à fente verticale.
8. Écran à fente verticale.
9. Lanterne à projection.
10. Ampoule 1/2 watt de 2.000 bougies.

la transparence est fixé sur un écran percé d'un orifice correspondant à la fente du projecteur et placé très près d'elle, la pile elle-même étant protégée par une boîte opaque, munie d'un orifice approprié.

Les rayons ainsi étudiés sont limités d'une part à l'extrême rouge par le verre iodé et d'autre part à

une longueur d'onde voisine de 3 μ par l'absorption du verre (lampe, écran, lentille) tombant sur la pile, sans interposition d'un objet absorbant, ils donnaient sur l'échelle du galvanomètre une déviation voisine de 50 cm. (voir schéma, fig. 4).

Nous avons examiné par ce procédé la peau prélevée sur des cadavres non embaumés, sur les os, l'aorte très peu atéromateuse. En outre, nous avons examiné la pénétration des rayons infra-rouges à travers une solution d'hémoglobine à 1 % et à 10 % et dans une expérience la pénétration de ces rayons à travers l'oreille d'un lapin blanc vivant.

Les résultats de nos expériences sont reproduites dans le tableau suivant :

Objet examiné	Déviation du galvanomètre après interposition des objets étudiés	Déviation du galvanomètre sous l'action des infra-rouges seules	Absorption en o/o
Peau du nouveau-né, épaisseur de 2 mm. 5	8	215	96,3 %
Peau d'un adulte, épaisseur de 3 mm.	6	495	98,2 %
Aorte d'un adulte, peu atéromateuse, épaisseur de 2 mm.	2	510	99,6 %
La même pour les radiations totales (sans marmorite)	4	510	99,2 %
Os pariétal d'un nouveau-né, épaisseur de 2 mm.	5	190	97,4 %
Os pariétal d'un adulte dans sa partie transparente, épaisseur de 2 mm. 5	2	490	99,6 %
Même os dans sa partie épaisse (5-7 mm.)	0	490	
Oreille d'un lapin blanc (vivant)	3	510	99,4 %

Nous avons également examiné l'absorption d'une solution d'hémoglobine obtenue par laquage de sang défibriné dans l'eau ; la solution a été placée dans une cuve à faces parallèles de 1 cm. d'épaisseur.

Le 2^e chiffre est relatif aux déviations lues après interposition de la même cuve contenant de l'eau pure.

Objet examiné	Déviati on avec solution d'Hb.	Déviati on avec cuve d'eau pure	Absorption en o/o
Oxyhémoglobine (sang à 1 p. 100).....	6,6	7	6 p. 100
Hb. réduit (sang à 1 p. 100).	6,3	7	10 p. 100
Oxuhémoglobine (sang à 10 p. 100).....	4,8	7	31 p. 100
Hb. réduit (sang à 10 p. 100)	4,7	7	33 p. 100

L'hémoglobine sous sa forme oxygénée ou réduite se comporte comme peu absorbante dans le domaine étudié.

De l'action générale des rayons infra-rouges.

Néanmoins les rayons infra-rouges, en traversant la peau, provoquent une vaso-dilatation très active, augmentent la circulation locale, accélèrent la circulation lymphatique et provoquent un véritable « lavage des tissus irradiés » par cette activation de la circulation.

L'influence des infra-rouges sur la circulation générale est moins évidente. Souvent une application prolongée provoque une accélération du pouls

et quelquefois une chute de la tension artérielle transitoire, ce qui a été remarqué encore par A. Romain. Nous croyons qu'à ce point de vue l'effet dépend non seulement de la dose des infra-rouges employée mais aussi de la région irradiée. Nous poursuivrons des études sur cette question que nous espérons publier ultérieurement.

Les infra-rouges activent la phagocytose locale et du point de vue de la formule sanguine, exercent une action assez constante, qui se traduit d'après A. Romain par une leucopénie transitoire, suivie d'une légère hyperleucocytose. Il existe en même temps une lymphocytose, avec baisse considérable du nombre des mononucléaires. Les infra-rouges engendrent aussi une eosinophilie très accentuée mais rapide et fugace,

Ces modifications ne sont pas probablement uniquement d'origine périphérique, puisque Jolly et Saragea dans leurs expériences sur les rats, ont pu observer les mêmes modifications dans le sang central. Pour ces auteurs, la leucopénie thermique apparaît comme un phénomène de choc momentané, tendant surtout à la rétention des leucocytes dans certaines parties du système vasculaire, sous l'influence de phénomènes vaso-moteurs et causé par l'action brusque de la chaleur sur le système nerveux et non par la leucolyse. Romain, en constatant la diminution de la tension artérielle et une leucopénie sous l'influence des infra-rouges, assimile ces phénomènes à un choc hémoclasique.

Les irradiations répétées par les infra-rouges provoquent une augmentation modérée du nombre de globules rouges du sang, qui, d'après Ch. Benoit peut atteindre néanmoins 15 à 25 % des chiffres initiaux.

Le passage du sang sans cesse renouvelé dans la zone d'irradiation fait bénéficier tout l'organisme.

L'élévation de la température du sang ne doit pas être négligée dans l'effet produit par ces irradiations.

Les expériences de C. Sonne avec les radiations lumineuses chaudes ont montré que les cobayes irradiés supportent beaucoup mieux les injections de toxine diphtérique que les animaux non irradiés. Pour le même auteur, cette tolérance des cobayes s'explique par le fait que, grâce aux irradiations, on peut porter une grande partie du volume sanguin à une température qui dépasse les plus hautes températures observées pendant la fièvre. La température du sang dans les tissus sous-cutanés, pendant une irradiation de 2 heures, pourrait être portée à 47-48° C ce qui produirait la destruction de la toxine, qui correspondrait à l'effet d'une élévation de la température générale à 42° ou à plusieurs jours de fièvre à 40° et cela sans que l'on observe les effets néfastes de la fièvre sur l'organisme. On a observé également une augmentation des agglutinines dans le sang sous l'effet des irradiations (Hansen). Les infra-rouges ne semblent pas agir beaucoup sur les ferments du sang, quoiqu'on leur attribue l'influence dans le sens d'une augmentation

de l'effet des ferments oxydants et d'une augmentation des oxydations.

In vitro on peut considérer que l'action des radiations est d'autant plus marquée que la longueur d'onde est plus courte.

Ainsi le ferment peptolityque du sang, dans les expériences de Mertz, augmentait sous l'influence des rayons U. V. et des rayons X et n'était pas modifié après l'irradiation des sujets traités par les rayons infra-rouges.

Sous l'influence des infra-rouges on peut observer une transpiration locale.

L'hypérémie superficielle et profonde produite par les infra-rouges avec élévation de la température locale, l'augmentation de la circulation locale, les modifications sanguines traduisent une augmentation de la vitalité dans les tissus irradiés.

Antagonisme des radiations.

Dans la partie physique de notre ouvrage nous avons parlé déjà de l'antagonisme des radiations du point de vue physique ; nous avons indiqué que les rayons infra-rouges possèdent la propriété d'éteindre la phosphorescence de certains corps, comme sulfure de zinc, phosphorescence qui est au contraire excitée par les rayons ultra-violets. La destruction par les infra-rouges de l'impression photographique due aux rayons X etc... Nous aborderons ici la question de l'antagonisme des radiations au point

de vue biologique et des conséquences qui en découlent pour son emploi en médecine, malgré que cette question soit encore à l'étude et que les opinions des auteurs soient souvent contradictoires.

On admet que la puissance des rayons ultra-violets est d'autant plus faible que la proportion progressive d'infra-rouges devient plus considérable. En effet, la peau se pigmente moins vite et l'érythème apparaît difficilement si on utilise à la fois les bains infra-rouges et les ultra-violets (J. Aimard et H. Dausset).

D'après Benoit, si après une irradiation par les rayons ultra-violets, ayant provoqué de l'érythème, on irradie en infra-rouges la moitié de la surface touchée, l'érythème disparaît sur la surface traitée et subsiste dans l'autre.

Au contraire, si on irradie d'abord une partie des téguments par les infra-rouges, en provoquant l'hypérémie, l'action des ultra-violets appliqués ensuite sera augmentée.

Il y a donc lieu d'envisager pour l'utilisation des rayons spectraux extrêmes une double action : l'une en opposition et antagoniste, l'autre en combinaison et complémentaire.

Pech a insisté sur l'antagonisme entre les rayons infra-rouges et ultra-violets et Romain trouve que les effets simultanés des infra-rouges et des U. V. s'annuleraient, en ce qui concerne les réactions obtenus sur les tissus de la peau humaine.

Pour Dufestel au contraire, du point de vue pra-

tique, on peut négliger l'action antagoniste, qui est réellement faible. La chaleur radiante lumineuse d'après cet auteur, à doses faibles accroît légèrement la susceptibilité cutanée ; à doses thérapeutiques (une heure à une heure 30 consécutive à la séance d'Ultra-violet) elle semble avoir une action antagoniste indéniable.

Nous nous rallions à l'opinion de cet auteur et nous croyons en effet, que, lorsqu'on est en présence d'un fort érythème produit par les rayons ultra-violet, seulement une dose forte des infra-rouges (une heure à une heure 30, et une distance à laquelle le malade peut à peine supporter l'irradiation) peut calmer des démangeaisons et abréger la durée de l'érythème etc...

En ce qui concerne l'antagonisme des infra-rouges vis-à-vis des rayons X, les observations cliniques ainsi que quelques expériences parlent en faveur si non d'antagonisme vrai (disputé par certains auteurs) du moins d'un effet favorable des infra-rouges sur les lésions cutanées produites par la radiothérapie.

Bar et Boule ont attiré les premiers, à notre connaissance, l'attention en 1901 sur l'effet favorable de la chaleur radiante sur les radiodermites, l'attribuant aux rayons rouges.

Risler et Mondain ont étudié dans les conditions d'expérience, l'influence des radiations de grande longueur d'onde sur le traitement des radiodermites. Ils ont pu prévenir l'apparition de la radio-

dermite chez les cobayes, qui ont été exposés aux rayons X mous, grâce à des irradiations successives par la radiation de grande longueur d'onde (d'après ces auteurs l'action antagoniste des radiations n'est pas rigoureusement limitée dans le spectre de l'infra-rouge, mais elle s'étend dans le spectre visible jusqu'à $\lambda = 5890 \text{ \AA}$). Les cobayes témoins qui ont reçu la même dose de rayons X mais qui n'étaient pas traités ont présenté les signes de radiodermites.

Récemment S. Lapierre a obtenu des résultats favorables dans le traitement des radiodermes par les infra-rouges. Cet auteur a vu l'influence préventive des infra-rouges dans 10 cas et il propose de faire des irradiations préventives avec des rayons infra-rouges, après application des rayons X et du radium.

Emploi en thérapeutique des rayons infra-rouges.

Appareillage. — Dans la partie physique, nous avons déjà parlé des principes d'émission des rayons infra-rouges et nous avons indiqué que les filaments métalliques chauffés émettaient des rayons infra-rouges dont la longueur d'onde dépend de leur température.

Pour l'usage en thérapeutique on obtient des rayons infra-rouges par différents procédés.

Jusqu'en ces dernières années on a utilisé soit les

lampes à filament de charbon, par exemple sous la forme de caisses de bains de lumière, soit sous la forme des ampoules isolées, placées dans un réflecteur et colorées souvent en rouge. Dans cette catégorie on peut placer aussi la lampe dite de « Sollux » malgré que ce soit une lampe à filament de tungstène (lampe 1/2 watt) contenu dans l'azote.

L'ampoule de sollux a une puissance d'habitude, de 2.000 bougies et elle est fixée dans un réflecteur métallique, ce qui permet de concentrer les radiations sur une surface donnée du corps du malade. Une lampe à filament le tungstène à température de 2.300° a son maximum d'émission près de 1 μ , et un second maximum à 2 μ 4.

Le Sollux est réglable au moyen d'un rhéostat, il est muni de filtres et d'un concentrateur conique, pour les applications moins étendues (ces applications en effet ne sont toujours que locales nous reviendrons encore sur les raisons pour lesquelles on se contente habituellement des applications locales).

Tous ces appareils quoique donnant une assez forte quantité de rayons infra-rouges, émettent en même temps beaucoup de radiations visibles. Pour obtenir les vrais infra-rouges, il faut recourir aux filtres qui ne laissent passer que ceux-ci.

Le filtre le plus communément employé, est en verre iodé qu'on appelle marmorite et qui ne laisse passer que les infra-rouges voisines aux radiations lumineuses. On peut employer aussi une solution

d'iode dans le sulfure de carbone, contenu dans une cuvette en verre à parois parallèles, ou une plaque d'ébonite, qui ne laisse passer que les I. R. Pour Vaurabourg il est facile de produire de l'infra-rouge de courtes longueurs d'onde bien sélectionnées, à l'aide de filtres appropriés et de sources à températures élevées.

Au contraire, pour les longueurs d'onde dépassant 3 à 4 μ , le corps noir utilisé vers 1.000° abs. et en dessous, donne un rayonnement très étalé, qu'il est impossible de limiter plus étroitement par des filtres simples. Ces derniers perdent toute transparence au delà de 4 μ . D'après cet auteur, pour utiliser tout le proche infra-rouge jusqu'à 2 μ 5, il faut employer le verre rouge avec source à température composée entre 1.600 et 2.000°. Pour faire du 1 μ verre bleu. plus verre rouge, température 2.300°. Avec un verre bleu cobalt à la température de 2000° on obtiendra à la fois 1 μ et 2 μ 5.

Le verre pourpre dans les mêmes conditions (température 2.000°) va donner des radiations de 2 μ etc... Mais l'emploi de ces filtres, quoique intéressant et utile pour les recherches dans le domaine des infra-rouges renseignant ainsi sur la longueur d'onde qu'on utilise, est peu pratique et ne peut être recommandé en thérapeutique.

Une de ces raisons c'est que pendant les applications, qui doivent être dans la plupart des cas longues, les réflecteurs s'échauffent jusqu'à un tel degré dans certains appareils que leur voisinage

auprès de la tête du malade par exemple devient insupportable pour ces derniers (céphalées, malaises, etc.).

Nous ne parlerons pas d'avantage des bains lumineux sous forme de caisses contenant plusieurs lampes à charbon, comme l'appareil de Dowsing où le malade, recevant une quantité considérable d'infra-rouges, reçoit en outre les radiations lumineuses, et se trouve dans un espace clos non suffisamment aéré et non à l'air libre comme avec les infra-rouges, se trouvant ainsi dans des conditions toutes autres (ce qui présente avec ses avantages de graves inconvénients). Mais tout ceci sort du cadre de notre étude. Les chaînes thermo-électriques quoique donnant beaucoup d'infra-rouges, ne sont que des bains lumineux localisés lorsqu'elles marchent sous un plein régime et nous ne les envisagerons pas ici.

Il existe pourtant des émetteurs de rayons infra-rouges commodes et pratiques tant au point de vue de leur applications en thérapeutique qu'au point de vue des recherches et des expériences avec les infra-rouges. Nous voulons parler des résistances électriques chauffées à un degré suffisant pour émettre des radiations invisibles chaudes d'une longueur d'onde déterminée et en quantité largement suffisante pour la pratique courante. L'appareil le plus simple de cette catégorie est un radiateur électrique qu'on emploie pour le chauffage et qu'on trouve partout. Emettant les infra-rouges en une

quantité suffisante pour les petites applications locales, il présente pourtant de grands défauts, du point de vue de son emploi thérapeutique il n'a pas de réflecteur suffisamment concentré et il est impossible de concentrer son énergie sur une surface limitée. Cet émetteur est conçu en effet pour le chauffage et son but est d'irradier un espace aussi large que possible, par des rayons divergents et non parallèles ou concentrés comme on en a besoin pour les applications médicales. L'appareil de Delherm et Laquerrière est constitué par un réflecteur métallique qui contient 9 lampes à filament de charbon de 20 bougies. Un écran en verre spécial au manganèse élimine la presque totalité des rayons visibles. Il existe plusieurs types d'appareils de ce genre préconisés par différents auteurs et réalisés par différents constructeurs français.

Revenons aux résistances électriques chauffées comme émetteurs d'infra-rouges.

Un appareil pratique et facile à manier a été réalisé sur les indications du D^r Dausset. Son principe consiste à utiliser la propriété sélective d'une résistance, qui émet des radiations dont la courbe d'intensité en fonction de la longueur d'onde passe par un maximum pour une fréquence proportionnelle à la température absolue du corps. On obtient ainsi à une température relativement basse des rayons de grande longueur d'onde et par conséquent de basse fréquence.

L'appareil produit des ondes d'infra-rouges rela-

tivement d'une grande longueur d'onde (entre $3\ \mu$ 8 et $5\ \mu$). Comme source il a un corps noir approximatif constitué par la surface intérieure d'une demi-sphère. Cette sphère, isolée extérieurement, est portée par résistance électrique à une température réglable. La convexité isolée est tournée vers le malade, la concavité active vers un réflecteur. Grâce à un dispositif spécial les rayonnements secondaires sont presque éliminés et le réflecteur s'échauffe à peine même pendant de longues applications.

Dans la plupart de nos observations nous nous sommes servi des appareils d'une grande longueur d'onde d'émission, type du Dr Dausset. Dans les autres observations, d'une lampe $1/2$ watt de 2.000 bougies montée sur un réflecteur type de Sollux, en utilisant dans ce cas le filtre pour éliminer les radiations visibles. Dans l'état actuel de nos connaissances, concernant le traitement par les infrarouges, il est impossible de se prononcer en faveur de l'emploi de telle ou telle longueur d'onde.

Cette question est à l'étude, mais, au point de vue des utilisations pratiques, il nous semble que les appareils construits sur le principe d'une résistance électrique chauffée à l'air libre sont plus commodes à manier et sont bien supportés par les malades. Leur seul inconvénient, c'est que pour leur mise en marche, il s'écoule 20 minutes $1/2$ heure entre le branchement de l'appareil et le moment où il

s'échauffe suffisamment pour émettre les radiations réellement perçues par le malade.

Technique des irradiations.

Les irradiations des malades par les infra-rouges sont très simples.

On règle la distance de la source des infra-rouges selon la réaction qu'on veut obtenir, la nature de l'appareil et, ce qui est le plus important, la tolérance du malade. Ce dernier facteur est au fond le seul critérium pratique lors d'une irradiation.

A titre d'indication, disons néanmoins qu'avec un appareil de Gallois (lampe à filament de tungstène) à infra-rouge avec filtre en marmorite, pour une surface irradiée de 11 cm. et une distance de la source lumineuse au thermomètre de 0 m. 75. On obtient en

1'	43°
3'	70°
5'	80°
7'	90°
10'	96°

Pendant l'irradiation, le malade doit éprouver une sensation de chaleur plus ou moins forte. En tous cas, il faut éviter les sensations pénibles produites par l'excès de la chaleur.

On fait d'habitude des séances prolongées d'une 1/2 heure au moins, mais le plus souvent il faut faire davantage : 1 heure à 1 h. 1/2. Lorsqu'on fait les infra-rouges, il est préférable d'instituer des

séances quotidiennes et quelquefois même bi-quotidiennes. Dans ce cas, il est préférable de conseiller au malade de se procurer d'un petit émetteur (ou de le prendre en location). La technique étant très simple et le traitement peut être confié aux malades eux-mêmes. Le médecin devra surveiller l'état du malade, indiquer la technique et diriger le traitement en général. On admet généralement que l'infra-rouge ne doit pas être employé en irradiation générale, ne devant pas excéder le tiers de la surface totale du corps. Ceci afin d'éviter l'état congestif (coups de chaleur). On emploie souvent l'infra-rouge en association avec les ultra-violets. Dans ce cas, on fait d'habitude des irradiations générales par les ultra-violets, précédées d'une irradiation locale (*in loco dolendi*) d'infra-rouges, soit l'irradiation simultanée par les deux groupes de radiations. Rappelons que d'après Ch. Benoit les infra-rouges provoquent une hyperémie intense au siège de l'irradiation, augmentant l'absorption des ultra-violets utilisés ensuite.

Indications et résultats du traitement par les infra-rouges.

Les rayons infra-rouges provoquent une *hyperémie intense* dans la région irradiée. Cette activation de la circulation locale par la chaleur radiante est la propriété fondamentale de ces radiations. En même temps, il y a une augmentation des oxydations et des échanges, sudation locale et résorption accrue dans

la région irradiée. Il faut également tenir compte de son action analgésique souvent très marquée.

Au point de vue des états pathologiques justifiables des applications des infra-rouges, on peut les diviser en trois groupes principaux :

a) Algies;

b) Etats inflammatoires;

c) Troubles trophiques et circulatoires.

Algies. — D'après Sicard, sous le nom d'algies, on comprend nosologiquement deux groupements :

1° Les algies du neuraxe (neuraxalgies : nerf périphérique, ganglion rachidien, racine, cordon médullaire, mésocéphale, cortex);

2° Les algies sympathiques (sympathalgies).

Les rayons infra-rouges ne sont applicables qu'aux algies périphériques.

Depuis longtemps on connaît l'action bienfaisante de la chaleur qu'on a employée autrefois dans les névralgies sous forme de cataplasmes, fer à repasser appliqué sur le trajet du nerf malade, sac de sable chaud, thermocautère, air chaud, etc...

Le principe de ces procédés cependant est différent de celui de l'énergie radiante des infra-rouges. Tandis que l'action calorique des premiers s'exerce par conduction, les infra-rouges agissent par absorption directe des tissus en profondeur. Aussi comprend-on l'efficacité des rayons infra-rouges dans le traitement des névralgies.

Récemment Loubier a rapporté de beaux résultats qu'il a obtenus dans le traitement des névral-

gies dorso-lombaire datant de plusieurs mois, des sciaticques, des névrites, etc...

Armani, dans 16 cas de sciaticque rebelle à tout traitement physiothérapique (ionisation, air chaud, diathermie, rayons X etc...) a observé une amélioration suivie de guérison par les rayons infra-rouges.

Nous-mêmes nous pouvons citer quelques-unes de nos propres observations :

1^o Mme C..., 27 ans (salle Ste-Jeanne, Hôtel-Dieu), sciaticque droite *post partum*. Grossesse gémellaire compliquée d'une pyélite. Depuis le 7 janvier souffre de douleurs à la jambe droite. Le 8 février, à l'examen, on constate une légère atrophie musculaire du membre inférieur droit. Signe de Lasègue positif à droite. A la palpation douleur aux points de Valleix. Affaiblissement du réflexe achilléen. La malade avait déjà reçu une application des rayons X qui ne l'a pas soulagée. Après 9 séances d'infra-rouges (45 minutes à 1 heure), on observe une sédation considérable des douleurs ; après 14 séances disparition à peu près complète des douleurs.

2^o M. R, 52 ans, sciaticque droite. Diabétique gras. Poids 90 kgs, obésité. Souffre depuis 3 semaines de douleurs le long du trajet du sciaticque droit, depuis l'échancrure sciaticque jusqu'à la face dorsale du pied. Abolition du réflexe achilléen. Urines : 3 % de sucre. Les douleurs s'exaspèrent dans la nuit.

Traitement. — Application quotidienne des radiations infra-rouges le long du sciaticque. Séance d'une heure. Deux injections d'une solution d'iodure de sodium. A la suite de la première séance des infra-rouges, les douleurs ont aug-

menté. Cinq jours de traitement amènent une amélioration considérable. Le malade n'éprouve qu'un engourdissement et une certaine pesanteur du membre. La palpation réveille cependant la douleur aux points de Valleix. Une dizaine de séances supplémentaires fait disparaître tous les signes douloureux.

Il est à remarquer que ce malade, au cours des dernières années, a présenté des crises douloureuses de sciatique par période de six à huit semaines, alors que la dernière crise particulièrement violente, traitée par les rayons infra-rouges pouvait être considérée guérie après quinze jours.

3° M. T., 48 ans, chirurgien-dentiste, cellulite, névralgie du plexus brachial droit. Douleurs datant depuis dix jours, s'exaspérant avec les changements de temps, l'empêchant de travailler. Trois séances d'ionisation salicylée ne donnent aucune amélioration. Cinq séances de rayons infra-rouges, d'une heure 1/2 chacune, suivies d'un léger massage, font disparaître toutes les douleurs.

4° Mme S., 37 ans, douleurs de la région lombo-sacrée, s'exagérant par la pression sur l'apophyse des 4^e, 5^e lombaires et des trois premières apophyses sacrées.

Douleurs du sciatique hautes bilatérales. Une série de douze applications de rayons U.-V., associée aux Infra-rouges, à doses thérapeutiques (une heure-1 heure 1/4) fait disparaître rapidement tous les phénomènes douloureux.

5° Mlle R., 26 ans. Névralgies faciales gauche, par crises.

La malade souffre depuis 8 jours de douleurs s'accompagnant de congestion de la face et des conjonctives avec larmoiement. En protégeant la tête par un tissu épais, nous irradiions le côté gauche de la face, aussi intensément que la

patiente peut le supporter pendant 1 h. à 1 h. 1/2 par jour.

Dès les premières applications, la malade se sent très soulagée. Après trois semaines, elle n'accuse plus de douleurs.

Il est certain que le résultat n'est pas toujours égal, car il faut tenir compte de la *cause étiologique* de ces névralgies. Ce qu'on peut affirmer avec certitude, c'est que dans la majorité des cas, dans la névralgie dite essentielle, le malade est nettement soulagé et la durée de ses crises abrégée.

Etats inflammatoires. — Dans ce groupe nous avons compris d'une manière générale toutes les affections inflammatoires aiguës et chroniques, ainsi que les affections diathésiques (rhumatisme, goutte).

L'action de la chaleur radiante sur les foyers inflammatoires de toute nature est analgésique et résolutive. Sous l'influence des infra-rouges, il se produit un véritable « lavage de la région » par suite de l'augmentation du courant sanguin, lavage amenant rapidement une diminution des phénomènes inflammatoires douloureux (Dufestel).

En effet, si on irradie par exemple une plaie suppurée, on est obligé d'éponger à plusieurs reprises la sécrétion abondante provoquée par les infra-rouges. En même temps, il y a une détente considérable des douleurs. On peut ainsi appliquer avec succès ce traitement aux furoncles, anthrax, phlegmons, et toute plaie suppurée, en n'oubliant toutefois pas que les rayons infra-rouges n'ont pas l'ac-

tion bactéricide des rayons U.-V. Leur action est due à l'élévation de la température du courant sanguin et à l'hypérémie intense manifestée à l'endroit de l'irradiation.

Les ultra-violets ayant une action principalement abiotique, bactéricide parfois peuvent nuire aux granulations récentes. Dans la lumière solaire nous avons l'association heureuse de deux facteurs, qui a déjà été constatée pour les plaies suppurées par Leriche, Vignes et d'autres auteurs.

OBSERVATION I

M. F..., 40 ans. Anthrax du dos, d'une surface égale à la paume de la main. Température 39°. L'anthrax est au stade de la suppuration au centre, avec une zone périphérique d'induration ligneuse et douloureuse. Après les irradiations quotidiennes des infra-rouges de 1 h. chaque fois et de pulvérisations au sulfate de cuivre, on observe l'élimination rapide des bourbillons, avec sédation des phénomènes inflammatoires et douloureux en une semaine.

OBSERVATION II

Mme T..., 70 ans Anthrax localisé à la joue gauche, s'accompagnant d'un œdème dépassant le bord inférieur de la mâchoire inférieure et se propageant à la région cervicale. Incision faite par un chirurgien. L'induration et la douleur persistent. Les applications quotidiennes pendant une heure des infra-rouges, suivies de pulvérisations chaudes, soulagent

considérablement les douleurs. En même temps, on fait de la vaccination (vaccin du Dr Maute). Après 2 jours, l'œdème disparaît ; l'induration commence à se résorber. 10 jours après, guérison complète. Cicatrice souple.

Nous avons encore observé un phlegmon des gaines tendineuses de la région palmaire de la main, qui, après incision, fut traitée par les rayons infra-rouges, qui améliorèrent considérablement le processus de cicatrisation de la plaie.

Le Dr Dausset, dans sa communication à la Société de Médecine de Paris du 24 décembre 1927, communique les résultats heureux qu'il a obtenus dans la salpingite aiguë, en associant la cure dite de Luxueil aux bains de lumière ou des infra-rouges sur le ventre.

D'après cet auteur, au bout de quelques jours de ce traitement, les douleurs disparaissent, l'empatement des culs-de sac s'atténue, l'utérus redevient mobile, ainsi que les masses salpingiennes qui diminuent de volume.

Nous avons pu observer aussi quelques cas de salpingite très améliorée par les infra-rouges.

OBSERVATION I

Mme B ..., 29 ans. Salpingite bilatérale. Souffre de douleurs dans le bas-ventre depuis un mois. Pertes abondantes. Quatre ans auparavant, fausse-couche. Pas d'enfant. Les règles sont toujours en avance, durant 12 à 15 jours, douloureuses.

14 mars. — Au toucher, ovaire droit très sensible, gros

comme une noix, grosse masse dans le cul-de-sac gauche, utérus un peu augmenté, peu mobile. On institue la cure de Luxeuil et les rayons infra-rouges une heure par jour tous les jours.

26 mars. — Côté droit très amélioré, à gauche, on sent un peu d'empatement et une trompe sensible.

2 avril. — Grosse amélioration.

Nous avons observé également une influence très favorable des rayons infra-rouges dans le traitement de l'orchi-épidydinite gonococcique, comme le montre l'observation suivante :

OBSERVATION II

M. Ch., 26 ans. A la suite d'une uréthrite aiguë, au douzième jour, a présenté les signes d'une orchi-épidydinite gauche. Température 39° 5, douleurs. Hemiscrotum gauche atteint le volume d'une grosse orange. La palpation est très douloureuse. Repos au lit. Traitement habituel de l'orchi-épidydinite (vaccins, etc...) glace pendant les 5 premiers jours, ensuite infra-rouges appliqués quotidiennement pendant une heure. Ceci provoque une véritable fonte de la tumeur inflammatoire en 12 jours.

En ce qui concerne l'application des rayons infra-rouges dans les affections ostéo-articulaires, leur emploi peut être un adjuvant très utile dans le traitement du rhumatisme chronique, de l'arthrite gonococcique. Pour cette dernière personnellement nous préférons la diathermie.

Troubles trophiques et circulatoires.

Dans ce groupe on peut comprendre les divers œdèmes chroniques, les troubles circulatoires consécutifs aux phlébites ou liés à la présence de varices.

Benoit a obtenu de très beaux résultats dans le traitement des pieds gelés, du mal perforant, des artérites oblitérantes.

Nous avons déjà mentionné précédemment l'action favorable des rayons infra-rouges dans le traitement des radiodermites. Dans le service du D^r Dausset, nous avons eu l'occasion d'observer un cas de radiumdermite de deux avant-bras, survenue chez une femme soignée par du radium pour des cicatrices vicieuses. Au mois de mai 1927, apparition de radiumdermite. Les deux avant-bras présentent une peau atrophiée et luisante, avec des ulcérations sur les parties dorsales de l'avant-bras. Sur l'avant-bras gauche, on voit les tendons dénudés des extenseurs. Depuis le mois de décembre le malade suit un traitement par les rayons infra-rouges, séance d'une heure tous les jours. Vers la fin du mois de mars 1928, l'avant-bras droit peut être considéré comme étant guéri, ne présentant plus aucune ulcération. La peau néanmoins est atrophiée et luisante. Sur l'avant-bras gauche l'ulcération diminuée de moitié est en voie de cicatrisation. Nous voulons compléter ce bref aperçu par l'exposé des principales indica-

tions des rayons infra-rouges sous la forme d'un tableau que nous avons établi d'après l'expérience des divers auteurs et la nôtre.

Indications thérapeutiques des infra-rouges.

Peau :

Eczéma aigu suintant.

Troubles trophiques.

Plaies et ulcères atones.

Brûlures, gelures.

Furoncles, anthrax.

Pyodermie, impétigo.

Erythème noueux.

Lupus (en association avec les U.-V.).

Troubles pigmentaires (vitiligo, éphélides-Porcelli).

Radiodermites aiguës.

Ganglions :

Adénites aiguës et chroniques.

Adénopathie tuberculeuse (en association avec lampe à arc).

Tissus sous-cutanés :

Cellulites (Alquier).

Abcès.

Phlegmons.

Œdèmes chroniques.

Troubles trophiques dus aux phlébites.

Muscles :

Myosites traumatiques.

Lumbago.

Torticolis.

Myalgies.

Articulations et os :

Rhumatisme chronique (seuls ou en association aux U.-V.).

Arthrites aiguës et chroniques (action des plus favorables en association avec la diathermie).

Goutte chronique.

Hydarthrose.

Ostéites, ostéomyélites, fractures.

Tarsalgie.

Tuberculose osseuse (associée à la lampe à arc).

Organes thoraciques et abdominaux :

Pleurésie.

Péritonites chroniques.

Péritonites tuberculeuses (associées à U.-V.).

Adhérences pleurales et péritonéales.

Etats spasmodiques du pylore et de l'intestin.

Entérites (H. Dausset).

Cholécystites.

Système nerveux :

Névralgies.

Névrites.

Sciatique.

Névralgies consécutives au zona (seules ou associées aux U.-V.).

Organes génitaux :

Salpingites, périmétrites.

Tuberculose des annexes (associées aux U.-V.).

Troubles fonctionnels ovariens (dysménorrhée, aménorrhée).

Orchi-épididymites blennoragiques.

En otologie :

Catarrhes aiguës de l'oreille avec formation d'exsudat .

Otite moyenne.

Furuncles du conduit auditif externe.

Mastoïdites aiguës.

En stomatologie :

Périostites.

Périodontites, etc...

Cette simple énumération montre déjà la multiplicité des indications pour l'emploi des rayons infra rouges. Evidemment, il ne s'agit pas là d'une panacée, mais d'un traitement symptomatique assez efficace, qui, soit seul ou associé aux autres traitements physiothérapiques (rayons ultra-violets, diathermie, radiothérapie, hydrothérapie, etc...) ou associé au traitement habituel de telle ou telle affection, peut quelquefois guérir, souvent améliorer et presque toujours soulager les malades.

CONCLUSIONS

1° Les rayons infra-rouges constituent la partie la moins réfrangible du spectre comprise entre les plus grandes ondes visibles (8.000 Å) et les ondes hertziennes.

2° Leur propriété fondamentale c'est *l'effet calorifique*.

3° La peau et les tissus humains absorbent les rayons infra-rouges de courte longueur d'onde ; une faible partie de leur radiation pénètre à travers la peau, d'après les expériences effectuées par nous avec méthode : pile thermo-électrique et galvanomètre.

4° Les irradiations infra-rouges provoquent un état d'œdème localisé et fugace de la peau qui peut être démontré par le test cutané d'hydrophilie.

5° Les rayons infra-rouges ne peuvent être considérés comme un agent de thérapeutique spécifique, de telle ou telle affection, mais présentent un traitement symptomatique assez efficace, qui, soit seul, soit associé aux autres traitements, peut quelquefois guérir, souvent améliorer et presque toujours soulager les malades.

6° Les indications thérapeutiques des infra-rouges se trouvent justifiées dans les états inflammatoires dans les algies et dans les troubles trophiques et circulatoires.

Vu : Le Doyen,

ROGER.

Vu : Le Président de la thèse,

P. CARNOT.

Vu et permis d'imprimer.

Le Recteur de l'Académie de Paris,

CHARLÉTY.

BIBLIOGRAPHIE

1. *Aimard (J.) et Dausset (H.)*. — L'ultra-violet, la lumière solaire et artificielle, l'infra-rouge. Paris, 1927, 2^e éd. Expansion scient. française.
2. *Alquier*. — Les cellulites (Monde méd., 1923).
3. *Armani*. — La fisioterapia delle sciatiche (Raggi Ultra-Violetti, 1925, juillet).
4. *Azerad (E.)*. — Le test cutané d'hydrophilie (La Médecine, 1927; juillet).
5. *Bar et Boullé*. — Bull. de la Soc. d'Obstétrique, 1901.
6. *Benoit (Ch.)*. — Action thérapeutique des infra-rouges en association avec les U.-V. (Revue d'actinologie, 1926, n^o 2).
7. — Les rayons infra-rouges en thérapeutique (Revue d'actinologie, 1926, n^o 1).
8. *Bénard (H.)*, *Biancani (E. et H.)*. — Le rayonnement de température (Revue d'actinologie, 1927, juillet, n^o 3).
9. *Busk* cité d'après A. Guillaume.
10. *Biancani (E. et H.)*. — Les rayons infra-rouges en Médecine (La Clinique, 1926, novembre).
11. *Calzavara et Bertrand (J.)*. — Les infra-rouges en cytologie (Annales d'anatomie pathologique Méd. chir., 1927, n^o 5, t. IV).
12. *Charcot*. — Etythème produite par l'action de la lumière électrique (C. R. de la Soc. de Biol., février 1858).

13. *Dausset (H.)*. — Le traitement des salpingites par la diathermie et l'hydrothérapie (Bull. de la Soc. de Méd. de Paris, 24 décembre 1927).
14. *Dufestel (L. G.)*. — Ultra-violet et Chaleur radiante, 1928.
A. Legrand.
15. *Ellis (J. W.)*. — Journ. opt. Soc. Amer., 1925, t. II.
16. *Fabry (Ch.)*. — Introduction générale à la Photométrie, Paris, 1927. Edit. de la Revue d'Optique.
17. *Forestier (A.)*. — L'énergie rayonnante. Paris, 1926, Ed. A. Blonchard.
18. *Guillaume (A. G.)*. — Les radiations lumineuses en physiologie et en thérapeutique, 1927. Masson.
19. *Guns*. — L'hypérémie active de l'infra-rouge en oto-rhino-laryngologie (Soc. belge d'O. R. L., 20 février 1927).
20. *Hansen (Th.)*. — The influence of universal Light Bath on the amount of thyphoid agglutinin in human blood (Acta Médica Scandinavia, 1922, vol. LVI, fasc. VI).
21. *Lecomte (J.)*. — Contribution à l'étude de l'absorption des rayons I. R. par les composés organiques. Thèse de science, Paris, 1925.
22. *Loubier*. — L'infra-rouge dans le traitement des névrites et des névralgies (Bul. de la Soc. d'Electrothérapie et de Radiol. Méd., mars 1927).
23. *Lapierre*. — Traitement des radiodermites aiguës par les R. I. R. (Soc. Médico Chir. de Liège, 1926).
24. *Mouriquand (G.)*, *Leulier*, *Bernheim et Schoen (Mlle J.)*. — Recherches sur les fixateurs du calcium (Presse méd., 1928, n° 14).
25. *Mertz (A.)*. — Fermentfermehrung im serum nach Licht u. Röntgenbestrahlungen. Strahlenth., 1926, t. 22.
26. *Nogier*. — Recherches sur la transparence de la peau humaine

à la lumière (Soc. Nation. de Méd. et des Sc. Méd. de
Lyon, 2 février 1927).

27. *Porcelli*. — *Rivista Italiana di actinologia*, 1926, n^{os} 1 et 2
(d'après Ann. de l'Institut d'Actinologie, 1926, n^o 4).
28. *Plotnikow (J.)*. — *Kurtzer leitfaden der Photochemie*, 1928.
G. Tieme, Leipzig.
29. *Pech (J. L.)*. — Les radiations en biologie (Presse Méd.,
1924, n^o 41).
30. — Action antagoniste de certaines radiations (C. R. de
l'Académie des Sciences, 25 mars 1920).
31. *Risler (J.) et Mondain (P.)*. — Sur la limite de l'action anta-
goniste du spectre et l'application des radiations de
grande longueur d'onde au traitement des radiodermites
et néoplasmes (C. R. de l'Académie des Sciences,
23 mars 1926).
32. *Romain (P.)*. — Recherches sur l'influence des radiations
solaires U. V. et I. R. sur le taux des globules blancs
et la formule hémoleucocytaire. Thèse Montpellier,
1923.
33. *Roux (E.)*. — Quelques remarques sur l'action des radia-
tions lumineuses et calorifiques dans l'Héliothérapie
(C. R. de l'Académie des Sciences, 18 avril 1921).
34. *Sonne (C.)*. — *Über einige physiologische Wirkungen den
leuchtenden Strahlungen Strahlentherapie*, 1926, Bd XXI
35. — The mode of action of the universal light bath (*Acta
Medica Scandinavia*, 4 nov. 1921).
36. *Saidman (J.)*. — Les rayons ultra-violets et associés en thé-
rapeutique. Doin., 1925.
37. *Vaurabourg*. — Données pratiques sur les générateurs d'in-
fra-rouges (Bull. de la Soc. de Radiologie Méd. de la
France, juin 1927).

38. *Walter (A.)*. — Une méthode de mesure des radiations infra-rouges (Bull. de la Soc. d'électrothérapie et de radiologie, juin 1927).
39. *Zalewsky (M.) et Trifonoff (Mme)*. — Les rayons ultra-violets et infra-rouges et les glandes à sécrétion interne (Progrès Médical, 1927, n° 46).
40. *Zalewski (M.)*. — De l'emploi des rayons infra-rouges et de la diathermie en gynécologie (Progrès Médical, 1928, n° 10).

